

IMPLEMENTASI SCADA UNTUK MONITORING DAN CONTROLING SERTA KOORDINASI SISTEM PROTEKSI GARDU INDUK SISTEM 1,5 BREAKER PADA GARDU INDUK TEGANGAN EKSTRA TINGGI BERBASIS ARDUINO MEGA 2560 DENGAN TAMPILAN HMI

Muhammad Adi Gumelar B, Eko Ariyanto

Program Studi Diploma III Teknik Elektro
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Muhammad Adi Gumelar B, Eko Ariyanto, SCADA is one tool that can monitor and control the system at the substation and can coordinate the protection system area when a disturbance occurs. SCADA monitors the device continuously. This paper is to understand Differential protection areas, CCP, Buspro, and CBF that work when there is interference, namely internal and external interference by applying SCADA as its coordination. 12V DC relay is used as PMT, ACS712 as CT, and Ethernet Shield as Modbus to connect Arduino Mega 2560 with SCADA. Arduino Mega 2560 functions as a controlling center of input and output. The input used is the ACS712 sensor as a detector of the current flowing in the circuit. The Arduino Mega 2560 output signal will be sent to SCADA using an Ethernet Shield and router. Status of substations 1.5 breakers can be monitored with HMI from anywhere by using the SCADA application. In the event of a disturbance, each ACS712 will start reading the current changes and will be processed by Arduino Mega 2560, so that it can determine the protection area that works and trip the relay, SCADA will automatically record disturbances and give an alarm to occur by turning on the protection LED and sounding buzzer alarm.

Keywords: 1.5 Breaker, Substation, Protection, SCADA.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sebagian besar jaringan transmisi pada gardu induk 500 KV di Indonesia mempergunakan Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi (GITET) dengan sistem 1,5 breaker yang melintasi udara terbuka, sehingga tidak menutup kemungkinan terjadinya gangguan seperti gangguan karena petir atau gangguan yang diakibatkan binatang. Hal ini dapat mengakibatkan terjadinya hubung singkat antar fasa (3 fasa atau 2 fasa) atau antara 1 fasa ke tanah, yang dapat bersifat temporer maupun permanen.

Untuk mengatasi hal tersebut maka diperlukan pemasangan peralatan proteksi yang dapat dipantau secara kontinyu dengan hasil yang akurat melalui SCADA. Peralatan proteksi tersebut akan mengamankan sistem dari gangguan listrik dengan cara memisahkan bagian sistem yang mengalami gangguan, sehingga daerah yang padam karena gangguan dapat dipersempit.

Agar diperoleh kinerja sistem proteksi yang maksimal maka diperlukan koordinasi kerja alat proteksi pada sistem Gardu Induk 1,5 breaker. Sistem proteksi pada Gardu Induk 1,5 breaker memiliki daerahnya masing-masing yang harus dilindungi dan dapat dimonitoring secara kontinyu. Untuk mencoba hasil perhitungan koordinasi sistem proteksi yaitu CCP, DIFFERENSIAL, BUSPRO, dan CBF pada sistem gardu induk 1,5 breaker, maka dapat disimulasikan dengan menggunakan sebuah alat. Berdasarkan pengambilan data karakteristik sistem proteksi Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi di Ungaran, dimana koordinasi sistem proteksi

bekerja dalam jangkauannya yang dapat melindungi seluruh sistem di Gardu Induk sistem 1,5 breaker.

Alat ini akan menerapkan karakteristik tersebut dengan relai 12 V digunakan untuk menggantikan fungsi PMT, gangguan yang ada di gardu induk disimulasikan dengan saklar sebagai gangguan fasa tanah dan lampu sebagai beban yang dideteksi dengan CT. Kemudian ketika PMT pada sisi gardu induk trip, setelah itu annunciator akan bekerja dengan menghidupkan lampu dan alarm serta menunjukkan sistem relai proteksi yang bekerja. Untuk dapat menutup PMT lagi setelah dilakukan penormalan jaringan. Di lapangan, annunciator dapat mereset ketika sudah menekan 3 tombol silence, acknowledge, dan reset secara berurutan.

Tombol Sequencer digunakan untuk menggantikan peran dari tombol-tombol annunciator meliputi silence, acknowledge, dan reset pada panel kontrol. Tampilan sederhana dari VT Scada digunakan untuk mewakili tampilan HMI SCADA.

Batasan Masalah

Agar dalam pembahasan masalah ini lebih terarah, maka penyusun membatasi masalah-masalah yang akan dibahas. Pembahasan masalah hanya dibatasi pada hal-hal berikut :

- Objek yang dijadikan pengamatan adalah GITET 500 kV Ungaran sistem 1,5 breaker.
- Membahas tentang SCADA sebagai monitoring dan controlling gardu induk sistem 1,5 breaker

- Membahas tentang koordinasi kerja sistem proteksi gardu induk sistem 1,5 breaker
- Membahas tentang annunciator sebagai kode alarm saat terjadi gangguan

Sistem Transmisi Tenaga Listrik

Sistem transmisi tenaga listrik merupakan suatu sistem untuk menyalurkan energi listrik dari pembangkit ke distribusi. Oleh karena itu, terkadang sistem transmisi juga disebut dengan sistem penyaluran tenaga listrik. Pada sistem tenaga listrik terdapat Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi dengan sistem 1,5 breaker sebagai tempat penyaluran listrik dari pembangkit. Pada Gardu Induk Tegangan Ekstra Tinggi tsistem 1,5 breaker terdapat perangkat lunak SCADA yang mempunyai fungsi dan tujuan sebagai berikut :

- Fungsi monitoring, adalah dapat memantau dan mengawasi semua status peralatan-peralatan secara kontinyu berdasarkan hasil akuisisi data-data antar master station dengan perangkat RTU
- Fungsi Controlling, diperlukan untuk dapat melaksanakan perintah kendali remote control pada PMT untuk keperluan open/close untuk fungsi pengamanan pada Gardu Induk.
- Koordinasi Proteksi, diperlukan untuk selektivitas daerah proteksi yang bekerja, agar dapat mempersempit daerah gangguan sehingga dapat menyalurkan tenaga listrik tanpa adanya pemadaman.

Master Station

Master Station mempunyai fungsi melaksanakan telekontrol, telesignal, remote control terhadap remote station. Sistem SCADA terdiri dari 3 bagian utama yaitu : Master Station, Link Komunikasi Data, dan Remote Station. Remote Station dipantau dari Master Station, yang berupa gateway. IED, Local HMI, RTU, dan meter energi^[1].

Remote Station

Remote Station adalah suatu peripheral yang terhubung dengan Master Station dan digerakkan oleh master station yang berfungsi menjalankan telecontrol dari master station. Remote station yang dipantau dan diperintah oleh master station yaitu berupa gateway, IED, local HMI, RTU dan meter energi^[1].

Remote station dapat berupa :

- GI Otomasi (SOGI) yang terdiri dari : gateway, IED Bay Control Unit, IED bay Proteksi, IED AVR, local HMI dan LAN
- Remote Terminal Unit (RTU)
- Distributed Control System Pembangkit

Modbus

Modbus adalah salah satu protokol untuk komunikasi serial yang dipublikasikan oleh

Modicon pada tahun 1979 untuk digunakan pada PLC Modicon. Secara sederhana, modbus merupakan metode yang digunakan untuk mengirimkan data/informasi melalui koneksi serial antar perangkat elektronik. Perangkat yang meminta informasi disebut Modbus Master dan perangkat penyediaan informasi disebut Modbus Slave. Pada jaringan Modbus standar, terdapat sebuah Master dan 247 Slave. Master juga dapat menulis informasi kepada Slave. Modbus memungkinkan adanya komunikasi dua-jalur antar perangkat yang terhubung ke jaringan yang sama, kemudian megkonsumsikan hasilnya ke HMI. Modbus Sering digunakan untuk menghubungkan supervisory komputer dengan RTU, SCADA^[2].

Mikrokontroler Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560 adalah papan mikrokontroler berbasis Atmega 2560 yang memiliki 54 pin digital input/output, dimana 15 pin diantaranya digunakan sebagai output PWM, 16 pin sebagai input analog, 4 pin sebagai UART (port serial hardware), sebuah osilator kristal 16 MHz, koneksi USB, jack power, header ISCP, dan tombol reset^[3].

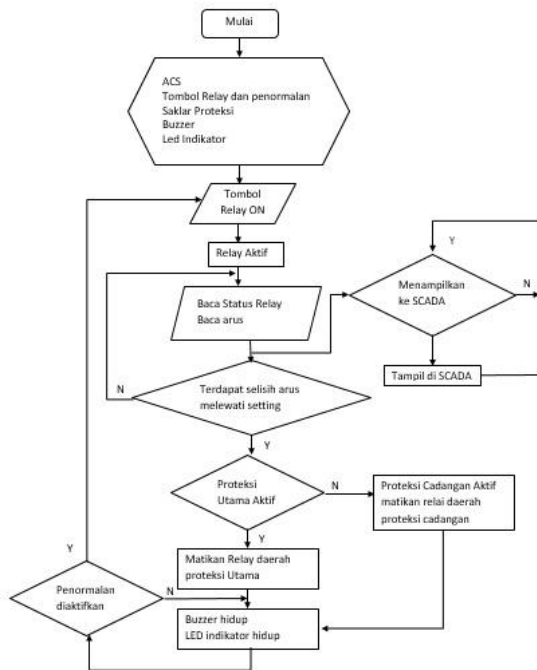
Mikrokontroler itu sendiri adalah chip atau Integrated Circuit (IC) yang bisa diprogram menggunakan komputer. Tujuan ditanamkannya program pada mikrokontroler adalah supaya rangkaian elektronik dapat membaca input, kemudian memproses input tersebut sehingga menghasilkan output yang sesuai dengan keinginan. Jadi mikrokontroler berfungsi sebagai otak yang mengatur input, proses, dan output sebuah rangkaian elektronik. Arduino Mega 2560 ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Arduino Mega 2560

PERANCANGAN SISTEM

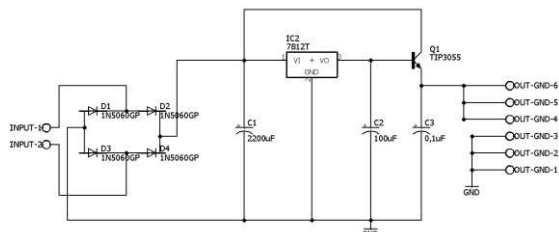
Flowchart kerja Koordinasi Proteksi ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Blok Diagram Sistem

Rangkaian Catu Daya

Rangkaian Catu Daya ditunjukkan oleh gambar 3 dibagi menjadi 3 tegangan yaitu 12VDC, 9VDC, dan 5VDC. Untuk tegangan 9 VDC digunakan untuk mensuplai tegangan pada Arduino Mega 2560, 12 VDC untuk Rangkaian Driver Relay. Sedangkan untuk tegangan 5 VDC digunakan untuk mensuplai sensor arus ACS712 dan rangkaian pull down. Jenis Rangkaian Catu Daya yang digunakan adalah rangkaian Catu Daya Simetris.



Gambar 3. Rangkaian Catu Daya

Sensor Arus ACS712

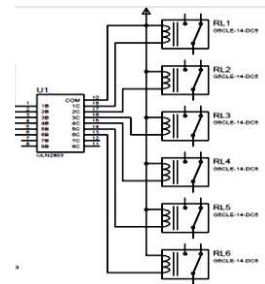
Sensor arus ACS712 pada gambar 4 digunakan untuk mendeteksi berapa arus yang mengalir pada setiap fasa dan pada kawat netral. Sensor arus yang digunakan sebanyak 10 buah.



Gambar 4. Bentuk fisik ACS 712

Rangkaian Driver Relay

Rangkaian driver pada gambar 5 merupakan rangkaian output dari mikokontroler Arduino Mega 2560 digunakan untuk memicu tegangan koil pada relai. Rangkaian driver menggunakan IC ULN2803.



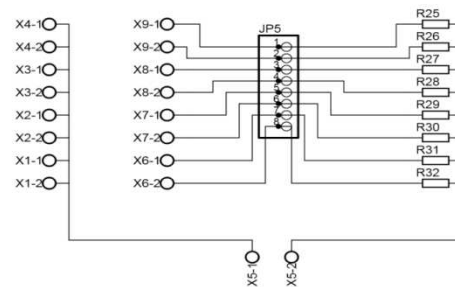
Gambar 5. Driver Relay

Relay

Relay yang digunakan menggunakan relay HKE 12VDC dengan jenis SPDT yang berarti mempunyai 1 kontak dan 2 kondisi yang dimiliki kontakannya.

Rangkaian Pull Down

Rangkaian Pull Down Resistor pada gambar 6 digunakan pada Push Button. Rangkaian ini memiliki konsep dimana saat keadaan push button ditekan, maka akan menghasilkan output yang bernilai high, sedangkan saat keadaan terbuka, output yang dihasilkan oleh rangkaian tersebut akan bernilai low.



Gambar 6. Rangkain Pull Down

Router

Router berfungsi untuk menghubungkan mikrokontroler Arduino Mega 2560 dengan PC (Personal Computer) melalui jaringan TCP/IP.

Ethernet Shield

Ethernet berfungsi untuk menghubungkan Arduino Mega2560 dengan aplikasi SCADA. Untuk menghubungkan ethernet shield dengan jaringan, dibutuhkan beberapa pengaturan dasar. Yaitu ethernet shield harus diberi alamat MAC (Media Access Control) dan alamat IP (Internet Protocol). Sebuah alamat MAC adalah sebuah identifikasi unik secara global untuk perangkat tertentu. Alamat IP yang valid tergantung pada konfigurasi jaringan. Hal ini dimungkinkan untuk menggunakan DHCP (Dynamic Host Configuration Proccol) untuk secara dinamis menentukan sebuah IP. Selain itu juga diperlukan gateway jaringan dan subnet.

Perancangan Perangkat Lunak VT Scada

Pada pembuatan tampilan antarmuka (HMI) untuk scada, digunakan aplikasi VT SCADA sebagai

tampilannya. Penyambungan VT SCADA dengan Arduino dengan membuat driver TCP/IP port pada VT SCADA sesuai dengan alamat IP PORT pada pengaturan program Arduino. Setelah ditentukan IP PORT, dibuatlah driver modbus yang tersambung dengan Arduino. Pada layar antarmuka VT SCADA saat terjadi gangguan akan menampilkan jalur merah sebagai jaringan yang tidak teraliri oleh arus.

PENGUKURAN DAN PERCOBAAN

Tabel 1. Pengukuran normal keseluruhan daerah proteksi

Daerah ACS	Arus pada Scada	Arus pengukuran	Relai Bekerja
ACS TP	0.11 A	0.1A	Tidak
ACS TS	1.85 A	1.98 A	Tidak
ACS A1	0.90 A	0.92A	Tidak
ACS AB1	1.02 A	1.12 A	Tidak
ACS B1	0.14 A	0.12 A	Tidak
ACS A2	0.91 A	0.92 A	Tidak
ACS AB2	0.11 A	0.15 A	Tidak
ACS B2	0.15 A	0.18 A	Tidak
ACS L1	0.93 A	0.97 A	Tidak
ACS L2	0.95 A	0.97 A	Tidak

Tabel 2. Data Hasil Pengukuran Gangguan daerah Proteksi Diferensial

Daerah ACS	Arus pada Scada	Arus pengukuran	Relai Bekerja
ACS TP	0.2 A	0.27 A	Ya
ACS TS	1.85 A	1.98 A	Ya
ACS A1	0.89 A	0.92A	Tidak
ACS AB1	1.02 A	1.12 A	Tidak
ACS B1	0.14 A	0.12 A	Tidak
ACS A2	0.91 A	0.92 A	Tidak
ACS AB2	0.11 A	0.15 A	Tidak
ACS B2	0.22 A	0.18 A	Tidak
ACS L1	0.93 A	0.97 A	Tidak
ACS L2	0.95 A	0.97 A	Tidak

Tabel 3. Data Hasil Pengukuran Gangguan Proteksi CCP line 2

Daerah ACS	Arus pada Scada	Arus pengukuran	Relai Bekerja
ACS TP	0.11 A	0.1A	Tidak
ACS TS	1.85 A	1.98 A	Tidak

ACS A1	0.90 A	0.92A	Tidak
ACS AB1	1.02 A	1.12 A	Tidak
ACS B1	0.14 A	0.12 A	Tidak
ACS A2	0.91 A	0.92 A	Tidak
ACS AB2	0.11 A	0.15 A	Tidak
ACS B2	0.15 A	0.18 A	Tidak
ACS L1	0.93 A	0.97 A	Tidak
ACS L2	0.95 A	0.97 A	Tidak

Tabel 4. Data Hasil Pengukuran Gangguan daerah Proteksi Buspro A

Daerah ACS	Arus pada Scada	Arus pengukuran	Relai Bekerja
ACS TP	0.11 A	0.1A	Tidak
ACS TS	1.85 A	1.98 A	Tidak
ACS A1	2.31 A	2.4 A	Ya
ACS AB1	1.02 A	1.12 A	Tidak
ACS B1	0.14 A	0.12 A	Tidak
ACS A2	0.91 A	0.92 A	Ya
ACS AB2	0.11 A	0.15 A	Tidak
ACS B2	0.15 A	0.18 A	Tidak
ACS L1	0.93 A	0.97 A	Tidak
ACS L2	0.95 A	0.97 A	Tidak

Tabel 5. Data Hasil Pengukuran Gangguan daerah Proteksi CBF saat CCP Line 1 tak Aktif.

Daerah ACS	Arus pada Scada	Arus pengukuran	Relai Bekerja
ACS TP	0.11 A	0.1A	Tidak
ACS TS	1.84 A	1.98 A	Tidak
ACS A1	0.90 A	0.92A	Ya
ACS AB1	1.02 A	1.12 A	Tidak
ACS B1	0.14 A	0.12 A	Tidak
ACS A2	1.83 A	1.92 A	Tidak
ACS AB2	0.11 A	0.15 A	Tidak
ACS B2	0.15 A	0.18 A	Ya
ACS L1	0.93 A	0.97 A	Ya
ACS L2	0.95 A	0.97 A	Tidak

Sesuai dengan hasil percobaan di tabel 1-5 pada saat terjadi gangguan, Arduino Mega 2560 akan mengolah data perubahan pada ACS, Arduino Mega 2560 akan menentukan proteksi yang bekerja pada daerah terjadinya gangguan dan akan mengirim ke server SCADA, membunyikan alarm dan menyalakan indikator led proteksi yang bekerja.

KESIMPULAN

- Proteksi bekerja berdasarkan perbedaan arus menggunakan prinsip Hukum Khirchoff I, di mana arus yang masuk sama dengan arus yang keluar dari relai tersebut. Penjumlahan pada relai dilakukan dengan penjumlahan vektor.
- Pada kondisi normal, jika diberi beban sebesar apapun, maka relai tidak bekerja. Hal ini membuktikan bahwa saat kondisi normal, beban tidak mempengaruhi kinerja relai.
- Pada kondisi normal, diberi gangguan internal sekecil apapun jika sudah melebihi nilai setting, maka relai akan bekerja. Namun jika diberi gangguan eksternal sebesar apapun, tidak akan membuat relai bekerja. Hal ini membuktikan kinerja relai dipengaruhi oleh letak gangguan.
- Sistem proteksi yang diterapkan pada gardu induk 1,5 breaker mempunyai sistem proteksi yang tumpang tindih, yang harus dapat bekerja sesuai daerah nya masing-masing.
- SCADA sebagai alat monitoring dan controlling proteksi yang ada pada Gardu Induk 1,5 breaker, berfungsi untuk mencatat data baik saat dalam keadaan normal, maupun saat dalam keadaan gangguan yang dapat bekerja secara real-time.
- Saat terjadi gangguan, SCADA berfungsi sebagai alarm dan penentu letak lokasi

gangguan dan proteksi yang bekerja, serta menentukan relai-relai yang trip saat terjadi gangguan.

DAFTAR PUSTAKA

1. Himpunan Buku Pedoman Pemeliharaan Master Station Scada SKDIR 0520-3.K/DIR/2014 **Master Station SCADA** No. Dokumen: PDM/PGI/04:2014). Jakarta. PT. PLN (Persero).
2. Nurpadmi.2011. **Studi Tentang Modbus Protokol pada Sistem Kontrol**. Jurnal Teknologi, Volume 1. Nomor2. Cepu: Pusat Pengembangan Sumber Daya Manusia Minyak dan Gas Bmi.
3. Arduino & Genuino Products. **Arduino MEGA 2560 & Genuino MEGA2560**. <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>. Diakses tanggal 26 Juni 2017.